围绝经期体检女性肌肉和脂肪组织与骨密度的关系研究

许海娜，安苗苗，朱焱，等. 围绝经期体检女性肌肉和脂肪组织与骨密度的关系研究［J］. 中国全科医学，2022.［Epub ahead of print］. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0778.

许海娜[1] 安苗苗[1] 朱焱[1] 吴春艳[1] 冉利梅[1,2*]

基金项目：贵州医科大学附属医院 2021 年度临床研究课题项目“综合性运动干预对围绝经期及绝经后女性骨密度及骨代谢的影响”（2021-GMHCT-011）。
中国健康促进基金会博士联盟项目（横向课题）。

1.550025 贵州省贵阳市，贵州医科大学公共卫生与健康学院，环境污染与疾病监控教育部重点实验室
2.550004 贵州省贵阳市，贵州医科大学附属医院健康管理中心
*通信作者：冉利梅，教授，硕士生导师；E-mail：ranlimei@yeah.net

【摘要】 背景 更年期女性肌肉和脂肪组织与骨密度（BMD）间的关系已有研究，但存在部位分布差异，导致肌肉和脂肪对 BMD 的影响仍未明确。**目的** 分析绝经前后女性腰椎、股骨颈和全髋 BMD 与脂肪和肌肉组织间的关系，并确定 BMD 的预测因子，为提高中老年人生活质量及防治骨质疏松症提供理论依据。**方法** 选取 2018 年 1 月-2021 年 10 月贵州医科大学附院健康管理中心 2355 例 40-60 岁的体检女性行回顾性分析，采用双能 X 线吸收法（DXA）和生物电阻抗体成分分析仪（BIA）测量 BMD 和脂肪、肌肉组织。Pearson 相关和线性回归分析确定脂肪和肌肉组织与 BMD 的关系。ROC 曲线分析验证四肢骨骼肌肉量（ALM）对骨质疏松症的预测价值。**结果** 绝经前后脂肪量、内脏脂肪面积（VFA）、全身、躯干和四肢骨骼肌肉量与各部位 BMD 呈正相关。绝经前 VFA 与腰椎 BMD 不相关。多元线性回归分析控制协变量显示，绝经前后 VFA 与各部位 BMD 呈负相关（β=-0.003、-0.002、-0.001 和 β=-0.002、-0.002、-0.001，$P<0.05$）；ALM 与绝经后各部位 BMD 仍呈正相关（β=0.017、0.013、0.012，$P<0.05$），与绝经前 BMD 不相关。ROC 曲线分析显示，在 BMI≧18.5 阈值中，ALM 预测绝经后和全人群全髋、腰椎和股骨颈 OP 的曲线下面积 AUC>0.6，其中 ALM>16.24kg 的最佳预测部位是全髋（AUC=0.825>0.760>0.641 和 AUC=0.834>0.780>0.664，$P<0.05$）。**结论** ALM 与绝经后及全人群腰椎、股骨颈和全髋 BMD 呈正相关；ALM>16.24kg 对骨密度的正相关表现在 BMI≧18.5 人群中，是预防骨质疏松症的独立保护因素。

【关键词】 更年期；骨密度；脂肪组织；肌肉组织；体检
【中图分类号】 R173

Relationship between muscle and adipose tissue and bone mineral density in premenopausal women

XU Haina[1]，AN Miaomiao[1]，ZHU Yan[1]，WU Chunyan[1]，RAN Limei[1,2]*
1.School of Public Health, the key Laboratory of Environmental Pollution Monitoring and Disease Control, Ministry of Education, Guizhou Medical University, Guiyang 550025, China
2.Health Management Center，Affiliated Hospital of Guizhou Medical University，Guiyang 550004，China
**Corresponding author：RAN Limei，E-mail：ranlimei@yeah.net*

【Abstract】 Background The relationship between muscle and adipose tissue and bone mineral density (BMD) in menopausal women has been studied, but there are differences in site distribution, resulting in the impact of muscle and fat on BMD remains unclear. **Objectiv** To analyze the relationship between BMD of lumbar spine, femoral neck and total hip and fat and muscle tissue in premenopausal women, and to determine the predictors of BMD, to provide a theoretical basis for improving the quality of life of middle-aged and elderly people and preventing and treating osteoporosis. **Methods** From January 2018 to October 2021, 2355 physical examination women aged 40-60 years were selected from the Health Management Center of the Affiliated Hospital of Guizhou Medical University for retrospective analysis, and DXA and BIA were used to measure BMD, fat and muscle tissue. Pearson correlation and linear regression analyses determined the association of adipose and muscle tissue with bone mineral density. ROC curve analysis validated the predictive value of extremity skeletal muscle mass

(ALM) for osteoporosis.**Results** Fat mass, visceral fat area (VFA), whole body, trunk, and ALM were positively correlated with BMD at each site before and after menopause. Premenopausal VFA was not associated with lumbar spine BMD.Multiple linear regression analysis controlling for covariates showed that VFA was negatively correlated with BMD at various sites before and after menopause（β=-0.003、-0.002、-0.001andβ=-0.002、-0.002、-0.001，P<0.05）;ALM was still positively correlated with postmenopausal BMD (β=0.017, 0.013, 0.012, P<0.05), but not with premenopausal BMD. ROC curve analysis showed that in the threshold of BMI ≥ 18.5, the area under the curve AUC of ALM for predicting OP of total hip, lumbar spine and femoral neck in postmenopausal and general populations was AUC>0.6, and the best prediction site for ALM>16.24kg was the total hip（AUC=0.825>0.760>0.641and AUC=0.834>0.780>0.664，P<0.05）. **Conclusion** ALM was positively correlated with BMD of lumbar spine, femoral neck and total hip in postmenopausal and general population; ALM>16.24kg had a positive correlation with BMD in people with BMI≥18.5, which was an independent protective factor for preventing osteoporosis.

【**Key words**】menopause; bone mineral density; adipose tissue; muscle tissue; Physical examination

虽现代社会生活及医疗条件逐渐改善，但老年人口比例越发增多，骨质疏松症（Osteoporosis，OP）的流行以及相关并发症也将越发普遍。据统计，骨骼疾病约占 60 岁以上人群疾病负担的 7.5%，给家庭及社会构成了巨大负担[1]。衰老通常会导致骨量、肌肉量减少和脂肪量增加。体重、BMI、脂肪和肌肉量都是 OP 或脆性骨折的重要决定因素，因体成分差异，BMI 不是体脂的准确指标，不能反映体型、脂肪和肌肉质量等成分，但可反映多余的体重[2]。脂肪和肌肉量是体重的独立影响因素及重要组成成分，两者之和占体重的 95%。肌肉、脂肪和骨骼共同发挥作用且关系复杂。因此，从肌肉、脂肪和骨骼的角度研究 OP 显得十分迫切和重要，需更好地理解与年龄增长相关的脂肪和肌肉量变化是如何相互关联和影响 OP 的。既往研究表明肌肉和脂肪组织对骨密度（Bone mineral density，BMD）的影响作用部位不同，缺乏同步分析肌肉和脂肪量与 BMD 间的关系。因此，本研究通过诊断 OP 的金标准 DXA 法测量各部位 BMD 和具有相对可用性高、价格低廉、便携可普及的 BIA 生物电阻抗法测量脂肪和肌肉量。拟探讨绝经前后女性腰椎、股骨颈和全髋 BMD 与脂肪和肌肉量间的关系，并确定骨密度的预测因子，为提高中老年人生活质量及防治骨质疏松症提供理论依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

采用回顾性研究，随机选取 2018 年 1 月-2021 年 10 月于贵州医科大学附属医院健康管理中心 2355 名体检女性为研究对象。纳入标准：①40-60 岁体检女性；②无肌病、恶性肿瘤和传染性疾病等；③未患骨代谢病及长期服用骨代谢药物等。排除标准：①体内有金属植入物者；②双侧卵巢切除史；③近半年使用减脂或激素治疗药物；④肝肾功能异常、糖尿病等。本研究由贵州医科大学附属医院医学伦理委员会审核批准（受理号：2021150k），所有参与者对本研究知情同意。

1.2 研究方法

1.2.1 脂肪及肌肉含量相关指标：身高、体质量、腰围由执业护师测量，并根据公式计算体质量指数（BMI）=体质量/身高的平方。采用韩国鸿泰盛 IOI305 生物电阻抗体成分分析仪（BIA）[3,4]测量脂肪量、内脏脂肪面积（VFA）及四肢骨骼肌肉量(Appendicular Lean Mass，ALM)、躯干和全身肌肉量。

1.2.2 骨密度测量：用美国 GE 公司 LUNAR Prodigy 的双能 X 线吸收法（DXA）测量 BMD 值。检前由专业医护将受检者个人信息录入系统，每日测量前为保证仪器变异系数在合理范围内，需精确校正。

1.2.3 骨质疏松症诊断标准及分组：绝经前女性 Z 值<-2.5SD 诊断为骨质疏松；绝经后女性骨质疏松（T≤-2.5），骨量减少（-2.5<T≦-1），骨量正常（T>-1）[5]。BMI 根据中国肥胖工作组[6]分组：18.5≤BMI<23.9 kg/m² 正常 24.0<BMI<27.9 kg/m² 超重；≥28 kg/m² 肥胖。

1.3 观察指标

分析绝经前后女性全身、躯干、四肢骨骼肌肉量和脂肪量、内脏脂肪面积与腰椎、股骨颈、全髋 BMD 间的关系，并探讨肌肉和脂肪组织对不同部位骨密度的影响。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计软件行数据分析，GraphPad Prism 8.0.2 作图。服从正态的计量资料用（ $\bar{\chi}\pm s$）表示，用成组样本 t 检验。Pearson 相关性分析脂肪和肌肉组织变量与各部位 BMD 间的关系。多元线性回归分析脂肪和肌肉组织变量与各部位 BMD 的关系。受试者工作特征（ROC）曲线下面积评估四

肢骨骼肌肉量预测 OP 的能力及截断值。双侧检验显著性水准 α=0.05。

2 结果

2.1 基本特征

2355 名研究对象，绝经前 1261 名，绝经后 1094 名。绝经前平均年龄（45.98±3.66）岁，绝经后（54.12±3.25）岁。BMI、脂肪量、VFA 和四肢、躯干、全身肌肉量与各部位 BMD 在绝经前后女性中的比较，差异均有统计学意义，*P*<0.05，详见表 1。

表 1 更年期女性体成分和各部位 BMD 的分布情况

Table 1 Distribution of body composition and BMD in different parts of menopausal women

变量	绝经前（N=1261）	绝经后（N=1094）	总人群（N=2355）	*t* 值	*P* 值
年龄	45.98±3.66	54.12±3.25	49.76±5.34	-57.18	<0.001
BMI	23.55±3.11	24.03±3.00	23.78±3.07	-3.78	<0.001
腰围	76.91±5.58	77.79±5.43	77.32±5.53	-3.86	<0.001
脂肪量	17.78±4.66	18.59±4.59	18.16±4.64	-4.27	<0.001
内脏脂肪面积	67.50±27.09	80.26±29.75	73.43±29.06	-10.81	<0.001
四肢骨骼肌肉量	18.01±1.98	17.52±1.94	17.78±1.98	6.08	<0.001
躯干肌肉量	18.45±1.63	18.04±1.93	18.26±1.79	5.49	<0.001
全身肌肉量	36.46±3.52	33.43±6.41	35.05±5.29	13.89	<0.001
腰椎 BMD	1.14±0.15	1.00±0.15	1.08±0.16	22.24	<0.001
股骨颈 BMD	0.91±0.12	0.82±0.11	0.87±0.13	18.20	<0.001
全髋 BMD	0.97±0.12	0.89±0.12	0.93±0.13	16.29	<0.001
身体水分	28.61±2.83	27.98±2.87	28.32±2.86	5.36	<0.001
蛋白质	7.85±0.73	7.63±0.75	7.75±0.75	7.23	<0.001
基础代谢量	1114.78±48.45	1065.63±49.55	1091.95±54.75	24.30	<0.001

2.2 更年期女性各部位脂肪及肌肉组织与骨密度的相关性

除内脏脂肪面积（VFA）在绝经前和全人群女性中与腰椎 BMD 无相关性外，*P*>0.05；BMI、脂肪量、VFA 和全身、四肢、躯干肌肉量均与各部位 BMD 呈正相关，*P*<0.05。详见表 2。

表 2 脂肪和肌肉组织与各部位 BMD 的相关性分析

Table 2 Correlation analysis between fat and muscle tissue and BMD in various parts

人群分组	变量	腰椎 BMD		股骨颈 BMD		全髋 BMD	
		r	*P*	*r*	*P*	*r*	*P*
绝经前	BMI	0.168	<0.001	0.314	<0.001	0.351	<0.001
	脂肪量	0.171	<0.001	0.321	<0.001	0.332	<0.001
	内脏脂肪面积	0.047	0.096	0.208	<0.001	0.243	<0.001
	四肢骨骼肌肉量	0.321	<0.001	0.378	<0.001	0.353	<0.001
	躯干肌肉量	0.308	<0.001	0.361	<0.001	0.317	<0.001
	全身肌肉量	0.326	<0.001	0.384	<0.001	0.345	<0.001
绝经后	BMI	0.241	<0.001	0.265	<0.001	0.349	<0.001
	脂肪量	0.264	<0.001	0.284	<0.001	0.339	<0.001
	内脏脂肪面积	0.149	<0.001	0.173	<0.001	0.249	<0.001
	四肢骨骼肌肉量	0.335	<0.001	0.337	<0.001	0.333	<0.001
	躯干肌肉量	0.267	<0.001	0.306	<0.001	0.285	<0.001
	全身肌肉量	0.113	<0.001	0.062	<0.001	0.095	<0.001
总人群	BMI	0.150	<0.001	0.245	<0.001	0.306	<0.001
	脂肪量	0.157	<0.001	0.253	<0.001	0.288	<0.001
	内脏脂肪面积	-0.006	0.789	0.097	<0.001	0.158	<0.001
	四肢骨骼肌肉量	0.347	<0.001	0.378	<0.001	0.363	<0.001

躯干肌肉量	0.305	<0.001	0.348	<0.001	0.318	<0.001
全身肌肉量	0.292	<0.001	0.263	<0.001	0.258	<0.001

2.3　更年期女性不同部位脂肪及肌肉组织成分与骨密度的多元线性回归分析

模型 1：分别以腰椎、股骨颈、全髋 BMD 为因变量，以年龄、BMI 为自变量进行多元线性回归分析，结果显示，年龄和 BMI 是绝经前后女性各部位 BMD 的影响因素（P<0.05）。

模型 2：分别以腰椎、股骨颈、全髋 BMD 为因变量，以年龄、BMI、脂肪量、内脏脂肪面积为自变量进多元线性回归分析，结果显示，脂肪量和内脏脂肪面积是绝经前后女性各部位 BMD 的影响因素（P<0.05）。

模型 3：分别以腰椎、股骨颈、全髋 BMD 为因变量，以年龄、BMI、全身肌肉量、四肢肌肉量、躯干肌肉量为自变量行多元线性回归分析，结果显示，在全人群中，全身肌肉量是股骨颈 BMD 的影响因素；四肢骨骼肌肉量是腰椎、股骨颈、全髋 BMD 的影响因素；躯干肌肉量是股骨颈 BMD。在绝经前女性中，全身肌肉量是腰椎、股骨颈 BMD 的影响因素；四肢骨骼肌肉量是全髋 BMD 的影响因素。绝经后女性中，全身肌肉量是股骨颈、全髋 BMD 的影响因素；四肢骨骼肌肉量是腰椎、股骨颈、全髋 BMD 的影响因素；躯干肌肉量是股骨颈、全髋 BMD 的影响因素（P<0.05）。

模型 4：分别以腰椎、股骨颈、全髋 BMD 为因变量，以年龄、BMI、脂肪量、内脏脂肪面积及全身、四肢、躯干肌肉量为自变量行多元线性回归分析，结果显示，在全人群中，全身和躯干肌肉量是股骨颈 BMD 的影响因素；ALM 是腰椎、股骨颈、全髋 BMD 的影响因素。在绝经前女性中，各部位肌肉量与 BMD 无关。绝经后女性中，全身肌肉量是股骨颈、全髋 BMD 的影响因素；ALM 是腰椎、股骨颈、全髋 BMD 的影响因素；躯干肌肉量是股骨颈的影响因素（P<0.05）。详见表 3。

表 3　肌肉和脂肪组织与 BMD 的多元线性回归分析

Table 3　Multiple linear regression analysis of muscle and adipose tissue and BMD

模型	自变量	腰椎 BMD					股骨颈 BMD					全髋 BMD				
		B	*SE*	*β*	*t* 值	*P* 值	B	*SE*	*β*	*t* 值	*P* 值	B	*SE*	*β*	*t* 值	*P* 值
全人群																
模型 1	年龄	-0.013	0.001	-0.427	-22.99	<0.001	-0.009	<0.001	-0.365	19.48	<0.001	-0.008	<0.001	-0.338	-18.21	<0.001
	BMI	0.011	0.001	0.208	11.20	<0.001	0.012	0.001	0.295	15.74	<0.001	0.014	0.001	0.352	18.98	<0.001
模型 2	脂肪量	0.018	0.002	0.497	8.41	<0.001	0.014	0.002	0.518	8.68	<0.001	0.007	0.002	0.262	4.38	<0.001
	内脏脂肪面积	-0.003	<0.001	-0.467	-10.60	<0.001	-0.002	<0.001	-0.430	-9.66	<0.001	-0.001	<0.001	-0.338	-7.56	<0.001
模型 3	全身肌肉量	0.001	0.001	0.027	1.15	0.250	-0.001	0.001	-0.049	-2.06	0.040	-0.001	0.001	-0.023	-0.96	0.340
	四肢肌肉量	0.022	0.003	0.260	7.81	<0.001	0.014	0.002	0.224	6.65	<0.001	0.012	0.002	0.192	5.65	<0.001
	躯干肌肉量	0.003	0.003	0.037	1.20	0.230	0.008	0.002	0.111	3.52	<0.001	0.003	0.002	0.041	1.30	0.192
模型 4	脂肪量	-1.138	0.003	0.000	-0.004	0.997	0.002	0.002	0.070	0.80	0.423	-0.004	0.002	-0.130	-1.48	0.139
	内脏脂肪面积	-0.001	<0.001	-0.105	-1.65	0.098	<0.001	<0.001	-0.109	-1.70	0.090	<0.001	<0.001	-0.055	-0.86	0.390
	全身肌肉量	0.001	0.001	0.025	1.041	0.298	-0.001	0.001	-0.051	-2.16	0.031	-0.001	0.001	-0.025	-1.03	0.303
	四肢肌肉量	0.020	0.003	0.244	6.36	<0.001	0.013	0.002	0.399	5.13	<0.001	0.013	0.002	0.199	5.10	<0.001
	躯干肌肉量	0.003	0.003	0.031	0.94	0.345	0.007	0.002	0.099	3.00	0.003	0.003	0.002	0.047	1.42	0.155
绝经前																
模型 1	年龄	-0.006	0.001	-0.137	-4.91	<0.001	-0.004	0.001	-0.122	-4.53	<0.001	-0.003	0.001	-0.106	-3.97	<0.001
	BMI	0.009	0.001	0.193	6.90	<0.001	0.013	0.001	0.336	12.43	<0.001	0.014	0.001	0.370	13.89	<0.001
模型 2	脂肪量	0.016	0.003	0.496	5.26	<0.001	0.013	0.002	0.520	5.66	<0.001	0.005	0.002	0.204	2.23	0.026
	内脏脂肪面积	-0.003	<0.001	-0.552	-8.48	<0.001	-0.002	<0.001	-0.410	-6.47	<0.001	-0.001	<0.001	-0.314	-4.96	<0.001
模型 3	全身肌肉量	0.014	0.006	0.323	2.41	0.016	0.011	0.004	0.311	0.239	0.017	0.005	0.004	0.148	1.13	0.259
	四肢肌肉量	0.011	0.008	0.142	1.42	0.157	0.004	0.006	0.065	0.66	0.508	0.012	0.006	0.203	2.06	0.038
	躯干肌肉量	-0.010	0.009	-0.112	1.14	0.255	-0.006	0.007	-0.075	-0.79	0.433	-0.010	0.007	-0.140	-1.46	0.146
模型 4	脂肪量	-0.006	0.005	-0.200	-1.26	0.208	-0.002	0.004	-0.073	-0.47	0.640	-0.006	0.004	-0.239	-1.54	0.125
	内脏脂肪面积	-0.001	0.001	-0.118	-1.11	0.267	-0.000	<0.001	-0.011	-0.11	0.916	0.000	<0.001	-0.004	-0.04	0.971
	全身肌肉量	0.010	0.001	0.225	1.34	0.182	0.010	0.006	0.305	1.85	0.065	0.005	0.006	0.156	0.95	0.344
	四肢肌肉量	0.005	0.008	0.061	0.561	0.561	0.002	0.006	0.039	0.37	0.711	0.007	0.006	0.125	1.17	0.242
	躯干肌肉量	0.007	0.010	0.073	0.63	0.528	-0.002	0.008	-0.034	-0.30	0.761	-0.002	0.008	-0.031	-0.28	0.783
绝经后																
模型 1	年龄	0.012	0.001	0.248	-6.83	<0.001	0.010	0.001	0.270	-5.18	<0.001	0.014	0.001	0.354	-5.02	<0.001
	BMI	-0.009	0.001	-0.197	8.62	<0.001	-0.005	0.001	-0.149	9.37	<0.001	-0.005	0.001	-0.141	12.62	<0.001

模型 2	脂肪量	0.019	0.003	0.575	0.668	<0.001	0.014	0.002	0.544	6.29	<0.001	0.008	0.002	0.314	3.69	<0.001
	内脏脂肪面积	-0.002	<0.001	-0.446	-6.49	<0.001	-0.002	<0.001	-0.438	-6.35	<0.001	-0.001	<0.001	-0.357	-5.26	<0.001
模型 3	全身肌肉量	<0.001	0.001	-0.019	-0.60	0.547	-0.002	<0.001	-0.125	-4.00	<0.001	-0.001	0.001	-0.075	-2.40	0.016
	四肢肌肉量	0.020	0.003	0.264	6.25	<0.001	0.013	0.002	0.228	5.42	<0.001	0.011	0.003	0.177	4.24	<0.001
	躯干肌肉量	0.004	0.003	0.055	1.37	0.170	0.009	0.002	0.154	3.90	<0.001	0.005	0.002	0.086	2.19	0.029
模型 4	脂肪量	0.004	0.005	0.124	0.85	0.396	0.001	0.004	0.041	0.28	0.776	-0.002	0.001	-0.075	0.52	0.606
	内脏脂肪面积	-0.001	0.001	-0.103	-0.88	0.379	0.000	<0.001	-0.027	0.24	0.813	<0.001	<0.001	-0.052	-0.46	0.649
	全身肌肉量	<0.001	0.001	-0.019	-0.59	0.557	-0.002	0.001	-0.125	-4.00	<0.001	-0.001	0.001	-0.075	-2.41	0.016
	四肢肌肉量	0.017	0.005	0.226	3.77	<0.001	0.013	0.004	0.216	3.62	<0.001	0.012	0.004	0.188	3.18	0.002
	躯干肌肉量	0.003	0.003	0.038	0.86	0.390	0.009	0.003	0.150	3.40	<0.001	0.005	0.003	0.075	1.72	0.085

2.4 各组人群不同 BMI 阈值中，四肢骨骼肌肉量与各部位 BMD 的关系

相关性分析显示在 BMI≧18.5，四肢骨骼肌肉量与三个部位 BMD 之间的关系仍呈正相关，$P<0.05$。详见表 4。

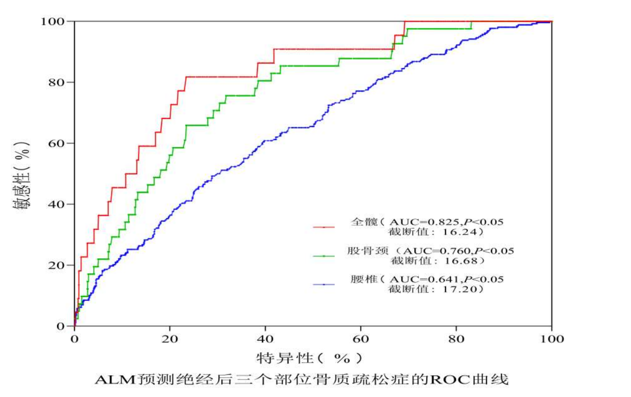
表 4 在不同 BMI 阈值中，更年期妇女四肢骨骼肌肉量与各部位 BMD 的相关性

Table 4 Correlation of ASM and BMD in different parts of menopausal women at different BMI thresholds

人群分组	BMI 分组	腰椎 BMD *r*	腰椎 BMD *P*	股骨颈 BMD *r*	股骨颈 BMD *P*	全髋 BMD *r*	全髋 BMD *P*
绝经前	18.5□BMI<23.9	0.288	<0.001	0.270	<0.001	0.209	<0.001
	24.0□BMI<27.9	0.385	<0.001	0.300	<0.001	0.266	<0.001
	BMI□28.0	0.243	0.015	0.432	<0.001	0.350	<0.001
绝经后	18.5□BMI<23.9	0.278	<0.001	0.288	<0.001	0.218	<0.001
	24.0□BMI<27.9	0.252	<0.001	0.181	<0.001	0.170	<0.001
	BMI□28.0	0.237	0.007	0.288	0.001	0.235	0.007
全人群	18.5□BMI<23.9	0.325	<0.001	0.315	<0.001	0.253	<0.001
	24.0□BMI<27.9	0.369	<0.001	0.298	<0.001	0.275	<0.001
	BMI□28.0	0.299	<0.001	0.420	<0.001	0.348	<0.001

2.5 四肢骨骼肌肉量对各组人群腰椎、股骨颈、全髋 OP 的预测价值分析

在 BMI≧18.5 的阈值中，ALM 预测绝经后和全人群各部位 OP 的曲线下面积均>0.6，其中对全髋部位的预测价值最大（AUC=0.825>0.760>0.641 和 AUC=0.834>0.780>0.664p<0.05）。



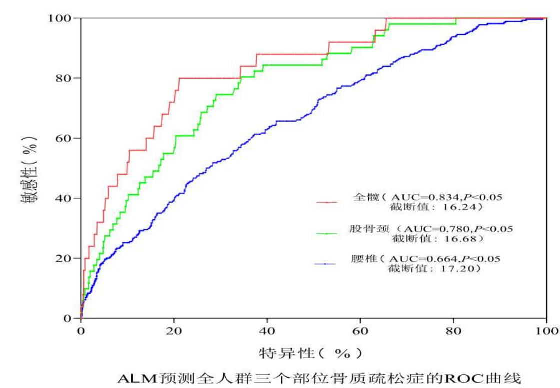


图 1 以 BMI 为切点时，ALM 预测各组妇女三个部位 OP 的 ROC 曲线分析

Figure 1. ROC curve analysis of ASM predicting OP in three parts of women in each group with BMI as the cut point

3 讨论

绝经期女性的肌肉量和 BMD 下降，表明骨骼肌和骨骼对绝经过渡期激素变化十分敏感。本研究结果显示绝经前脂肪组织低于绝经后，肌肉组织和 BMD 高于绝经后女性。与 Sipilä S[7]结果一致；绝经后女性脂肪量、内脏脂肪面积高于绝经前，躯干、四肢和全身肌肉量低于绝经前，与叶蓁蓁[8]结果一致。叶蓁蓁得出的 ALM 是绝经前后及全人群 BMD 的保护因素与本研究的 ALM 不是绝经前 BMD 的保护因素的结果不一致。原因在于人体成分仪不同及其 BMD 测量部位是跟骨，本研究 BMD 测量部位是 WHO 推荐诊断骨质疏松的兴趣区腰椎、股骨颈和全髋部位。

肌肉组织通过力学作用中肌肉量自重产生的重力及肌肉收缩产生的应力，促进骨骼生长发育，增加骨量；以及肌肉化学调节通过旁分泌机制作间充质、成骨、破骨及骨细胞，从而调控骨代谢，促进骨形成和/或抑制骨吸收。本研究显示，四肢骨骼肌肉量（ALM）与各部位 BMD 呈正相关，与 Siddique N[9]、樊洁[10]和 Li Y[11]结果一致。与 Kapuš O[12]结果不一致。控制混杂后，ALM 在绝经后和全人群中与腰椎、股骨颈、全髋 BMD 仍呈正相关，是 BMD 的独立保护因素；而脂肪量与各部位 BMD 均无相关性。诸多研究发现肌肉量是骨量的主要决定因素，但在具体作用部位方面结论各异。研究认为绝经后女性肌肉量与各部位 BMD 呈正相关，也有研究认为肌肉组织只对特定部位的 BMD 有作用。袁嘉尧[13]和殷彤彤[14]结果显示，控制混杂后，ALM 与 BMD 呈正相关；Soare I[15]的肌肉量与腰椎 BMD 呈正相关；李炎[16]发现仅躯干肌肉量与 BMD 较显著相关；Sheng[17]发现肌肉量对全髋部 BMD 更有决定作用。本研究显示，肌肉组织对各部位 BMD 作用确有不同，控制脂肪组织和年龄等混杂因素后，仅 ALM 与腰椎 BMD 仍呈正相关，全身、ALM 与全髋 BMD 仍呈正相关，四肢、躯干和全身肌肉均与股骨颈 BMD 仍呈正相关，但脂肪量

与 BMD 相关性消失，映证了 Xiang[18]的结论，但 xiang 未对各部位肌肉量分析。差异在于研究对象年龄以及体成分和骨密度测量工具及部位不同或不全面。肌肉量在力学方面对 BMD 的正面影响是明确的，绝经后女性 BMD 的下降，往往和肌肉量下降有关。因此，可适当锻炼维持肌肉量及 BMD 在一定的水平，延缓 OP 进展，降低骨折发生率。

体重增加骨组织负荷，刺激骨形成，减少骨吸收，部分抵消了与年龄相关的骨流失，脂肪本身也可作为骨骼增强的生长因子的内分泌标志物，利于 BMD 的增加，降低 OP 的发生。本研究显示，BMI 与各部位 BMD 呈正相关与 Gandham, A[19]一致。与 Zhang Y[20]的 BMI 与股骨颈 BMD 呈正相关，与腰椎 BMD 无关不全相同。体重/BMI 不能完全解释脂肪量对骨骼的保护作用。绝经后女性卵巢内分泌功能失调衰退，雌激素水平下降，骨吸收大于骨形成，骨转换失衡是绝经后 OP 的重要发病机制。脂肪组织可将雄烯二酮转化为有代谢活性的雌激素，这是雌激素的主要分泌来源，解释了脂肪组织对骨骼的保护作用。腹部脂肪还可通过分泌炎症因子抑制破骨细胞的活化，使破骨细胞凋亡，减少骨吸收。脂肪组织的作用与其分布部位有关，有必要深入研究不同部位脂肪含量对 BMD 的影响。本研究显示，脂肪量和内脏脂肪面积（VFA）与 BMD 呈正相关，与袁嘉尧[1]结果一致。控制年龄、BMI 和肌肉量后，脂肪量和 VFA 与 BMD 不相关，与 Siddique N[2]、Tang, H[21]和[22]结果不同；VFA 与 BMD 呈负相关，与秦迁和谭凡[23]结果一致。VFA 是 BMD 的负性预测因子，因为脂肪组织中芳香化酶途径来源的雌激素是预防绝经后 OP 的主供体，据此推测内脏脂肪组织中芳香化酶的低表达，影响了雌激素合成，致 BMD 降低。内脏脂肪过高是骨代谢疾病的一个潜在致病因子，需要临床提前干预。

脂肪和 BMD 间的正相关关系可用脂肪和雌激素效应间关系解释。BMD 和肌肉间关系可以受雌激素影响，因肌肉具有雌激素受体，在肌肉细胞凋亡中发挥重要作用。既往研究显示，肌肉和脂肪量预测 BMD 仍未明确，预测骨骼部位的结论也存矛盾。部分地区的流行病学调查[23] 发现女性在 40 岁之后，BMD 开始增龄性降低，50 岁左右开始骨量丢失加速，60 岁左右开始出现明显 OP，此规律可能与绝经前后雌激素水平变化有关。从 60 岁开始髋部 BMD 明显低于同龄组腰椎 BMD，诊断老年髋部 BMD 比腰椎 BMD 更精确。本研究分析了 40-60 绝经前后女性脂肪和肌肉组织对各部位 BMD 的预测，肌肉量和脂肪量与 BMD 均呈正相关，调整混杂后，四肢骨骼肌肉量是绝经后及全人腰椎、股骨颈和全髋 BMD 的预测因子，其中最佳预测部位是全髋。不同的是 Kapuš O[8]显示体脂肪量是绝经后股骨颈 BMD 的预测因子，控制混杂后未发现肌肉量与任何部位 BMD 相关。Aedo S[24]显示体脂肪量是髋部 BMD 的预测因子。秦迁[25]显示内脏脂肪面积是 BMD 的预测因子，控制年龄变量后，内脏脂肪面积与 BMD 无相关性。存在差异的原因可能在于研究设计、研究对象、绝经状态、以及混杂因素的影响等。

综上，内脏脂肪面积与各部位骨密度呈负向关系，脂肪量和全身、躯干、四肢骨骼肌肉量（ALM）与各部位 BMD 呈正向关系。ALM 与绝经后及全人群腰椎、股骨颈、全髋 BMD 均呈正向关系及其 AUC 均>0.6，但 ALM>16.24kg 预测绝经后及全人群 OP 发生风险的最佳部位是髋部。

作者贡献：许海娜、冉利梅进行文章的构思与研究的设计；许海娜、朱焱负责研究的实施；许海娜、安苗苗、
吴春艳负责数据收集；许海娜进行数据分析与结果的解释，撰写论文；冉利梅负责文章的质量控制及审校、研究经费的获取及论文写作指导，对文章整体负责。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] 袁嘉尧,林燕平,林贤灿,等.绝经后女性体质量指数、体成分与骨密度的变化特征及关系[J].中国骨质疏松杂志,2022,28(06):830-835.

[1] Yuan JY, Lin YP, Lin XC, et al. Change characteristics and relationship of body mass index, body composition and bone mineral density in postmenopausal women[J].Chinese Journal of Osteoporosis,2022,28(06):830-835.

[2] Siddique N, Fallon N, Casey MC, et al. Statistical analysis of fat and muscle mass in osteoporosis in elderly population using total body DXA scans. Ir J Med Sci. 2020 Aug;189(3):1105-1113.

[2] 西迪克 N，法伦 N，凯西 MC，等。使用全身 DXA 扫描对老年人骨质疏松症中的脂肪和肌肉质量进行统计分析。2020,189(3):1105-1113.

[3] 常建英,黄蓓,蒋铁建.绝经后女性肌少症[J].中国骨质疏松杂志,2019,25(09):1345-1350.

[3] Chang JY, Huang B, Jiang TJ. Postmenopausal women with oligomyopathy [J]. Chinese Journal of Osteoporosis,2019,25(09):1345-1350.

[4] Xin C, Sun X, Lu L, et al. Prevalence of sarcopenia in older Chinese adults: a systematic review and meta-analysis. BMJ Open. 2021 Aug 19;11(8):e041879.

[4] 新 C， 孙晓， 卢玲， 珊 L. 中国老年人肌肉减少症的患病率：系统评价和荟萃分析。英国医学杂志公开赛.2021 Aug 19;11(8):e041879.

[5] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 原发性骨质疏松症诊疗指南(2017)[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志,2017,10(5) : 413-444.

[5] Osteoporosis and Bone Mineral Diseases Branch of Chinese Medical Association. Guidelines for diagnosis and treatment of Primary Osteoporosis (2017) [J]. Chinese Journal of Osteoporosis and Bone Mineral Diseases,2017,10(5) : 413-444.

[6] 中华医学会内分泌学分会，中华中医药学会糖尿病分会，中国医师协会外科医师分会肥胖和糖尿病外科医师委员会,等. 基于临床的肥胖症多学科诊疗共识(2021 年版). 中华内分泌代谢杂志，2021，37(11):959-972.

[6] Endocrinology Branch of Chinese Medical Association, Diabetes Branch of Chinese Society of traditional Chinese Medicine, Obesity and Diabetes Surgeons Committee of Surgeons Branch of Chinese Physicians Association, etc. Clinical-based consensus on multidisciplinary diagnosis and treatment of obesity (2021 edition). Chinese Journal of Endocrine and Metabolism,2021,37(11):959-972.

[7] Sipilä S, Törmäkangas T, Sillanpää E, et al. Muscle and bone mass in middle-aged women: role of menopausal status and physical activity. J achexia Sarcopenia Muscle. 2020 Jun;11(3):698-709.

[7] Sipilä S， Törmäkangas T， Sillanpää E，等.中年妇女的肌肉和骨量：更年期状况和身体活动的作用。J 恶病质肌肉减少症。2020 ,11(3):698-709.

[8] 叶蓁蓁,易剑锋,潘建西,等.东乡族成年女性绝经前后骨强度和体成分特征及其相关性[J].解剖学报,2019,50(05):656-661.

[8] Ye Xingyi, Yi Jianfeng, Pan Jianxi, et al. Characteristics of bone strength and body composition of Dongxiang adult women before and after menopause and their correlation [J]. Journal of anatomy,2019,50(05):656-661.

[9] 樊洁,欧阳思维,海向军.东乡族成人低骨量与肌少症相关的肌肉质量下降的相关性研究[J].中国骨质疏松杂志,2022,28(04):540-544.

[9] Fan J, Ouyang TK, Haixiang A. Study on the relationship between low bone mass and muscle mass decline associated with myasthenia in Dongxiang adults [J]. Chinese Journal of Osteoporosis,2019,50(05):656-661.

[10] Li Y, Huang Z, Gong Y, et al. Retrospective analysis of the relationship between bone mineral density and body composition in a health check-up Chinese population. Front Endocrinol (Lausanne). 2022 Aug 10;13:965758.

[10] 李勇，黄志，龚宇，等。中国健康体检人群骨密度与体成分关系的回顾性分析。前内分泌(洛桑)[J].2022 ,10;13:965758.

[11] Kapuš O, Gába A, Lehnert M. Relationships between bone mineral density, body composition, and isokinetic strength in postmenopausal women. Bone Rep. 2020 Mar 3;12:100255.

[11] KapušO，Gába A，Lehnert M.绝经后妇女骨密度、身体成分和等速力量之间的关系。骨代表[J]. 2020 Mar 3;12:100255.

[12] 袁嘉尧,林燕平,林贤灿,等.中老年人体成分与骨密度的关系[J].中国组织工程研究,2022,26(15):2394-2399.

[12] Yuan JY, Lin YP, Lin XC, et al. Relationship between body composition and bone mineral density in middle-aged and elderly [J]. Research on tissue Engineering in China,2022,26(15):2394-2399.

[13] 殷彤彤,张童茜,李维辛.老年女性相对骨骼肌质量指数与骨密度及脂肪含量的相关性[J].中国骨质疏松杂志,2022,28(01):43-46.

[13] Yin TT, Zhang TQ, Li WX. Correlation between relative skeletal muscle mass index and bone mineral density and fat content in elderly women. Chinese Journal of Osteoporosis,2022,28(01):43-46.

[14] Soare I, Sirbu A, Popa M, et al. Body Composition as a Modulator of Bone Health Changes in Patients with Inflammatory Bowel Disease. Life (Basel). 2022 Feb 12;12(2):272.

[14] Soare I，Sirbu A，Popa M 等。身体成分作为炎症性肠病患者骨健康变化的调节器。LIFE(巴塞尔). 2022,12;12(2):272.

[15] 李炎，周璇，玉洪荣，等. 仫佬族绝经前与绝经后女性体成分和骨密度的相关性研究［J］.中国骨质疏松杂志,2017,23(5) :657-661,700.

[15] Li Y, Zhou X, Yu HR, et al. Correlation between female body composition and bone mineral density in premenopausal and postmenopausal women of Mulao nationality [J]. Chinese Journal of Osteoporosis,2017,23(5) :657-661,700.

[16] Sheng Z，Xu K，Ou Y，et al. Relationship of body composition with prevalence of osteoporosis in central south Chinese postmenopausal women［J］.Clin Endocrinol (Oxf),2011,74(3) : 319-324.

[16] 盛志，徐凯，欧云，等.中南地区绝经后妇女体成分与骨质疏松患病率的关系.临床内分泌[J],2011,74(3) : 319-324.

[17] Xiang J, Chen Y, Wang Y, et al. Lean Mass and Fat Mass as Mediators of the Relationship Between Physical Activity and Bone Mineral Density in Postmenopausal Women. J Womens Health (Larchmt). 2017 May;26(5):461-466.

[17] 项军，陈勇，王勇，等。瘦体重和脂肪质量是绝经后妇女体力活动与骨密度关系的中介变量。J 妇女健康(Larchmt) .2017,26(5):461-466.

[18] Gandham A, Zengin A, Bonham M P, et al. Incidence and predictors of fractures in older adults with and without obesity defined by body mass index versus body fat percentage. Bone 2020, 140, 115546.

[18] Gandham A，Zengin A，Bonham M P 等人。由体重指数与体脂百分比定义的肥胖和非肥胖老年人骨折的发生率和预测因素。骨[J]. 2020, 140, 115546.

[19] Zhang Y, Jia X, Liu X, et al. Relationship between different body composition and bone mineral density in Qinhuangdao city. Rev Assoc Med Bras (1992). 2022 Apr;68(4):445-449.

[19] 张勇，贾旭，刘旭，等。秦皇岛市不同身体成分与骨密度的关系。Rev Assoc Med 胸罩(1992).2022 ,68(4):445-449.

[20] Tang H, He J H,Gu H B, et al. The different correlations between obesity and osteoporosis after adjustment of static mechanical loading from weight and fat free mass. J. Musculoskelet. Neuronal. Interact.2021, 21, 351–357.

[20] 唐华,何建华,顾宏斌,等.从体重和脱脂质量调整静态机械负荷后肥胖与骨质疏松的不同相关性.[J].神经细胞.互动.2021, 21, 351–357.

[21] Siddique N, Fallon N, Casey MC, et al. Statistical analysis of fat and muscle mass in osteoporosis in elderly population using total body DXA scans.

Ir J Med Sci. 2020 Aug;189(3):1105-1113.

[21] Siddique N，Fallon N，Casey MC 等人。全身 DXA 扫描对老年骨质疏松症患者脂肪和肌肉质量的统计分析.IIR J 医学科学.2020 ,189(3):1105-1113.

[22] 谭凡,王静,裴之俊,等.围绝经期妇女骨折风险与内脏脂肪量的相关性研究[J].中国骨质疏松杂志,2020,26(05):659-662.

[22] Tan F, WJ, Pei ZJ, et al. Study on the relationship between fracture risk and visceral fat in peri-menopausal women [J]. Chinese Journal of Osteoporosis,2020,26(05):659-662.

[23] 王昌军,尹宏.肌肉组织和脂肪组织对绝经后女性骨密度及骨强度的影响及作用机制[J].中国骨质疏松杂志,2019,25(10):1502-1508.

[23] Wang CJ, Yin H. Effects and mechanism of muscle and adipose tissue on bone mineral density and bone strength in postmenopausal women [J]. Chinese Journal of Osteoporosis,2019,25(10):1502-1508.

[24] Aedo S, Blümel JE, Carrillo-Larco RM, et al. Association between high levels of gynoid fat and the increase of bone mineral density in women. Climacteric. 2020 Apr;23(2):206-210.

[24] 张晓华，李晓波，等.女性高女性骨性脂肪水平与骨密度增加的关系。更年期[J]. 2020 ,23(2):206-210.

[25] 秦迁，杨阳，陈静锋，等 . 基于内脏脂肪面积预测女性低骨量的风险切点 [J]. 中国组织工程研究，2021，25(35):5577-5581.

[25] Qin Q, Yang Y, Chen JF, et al. Predicting the risk cut-off point of female low bone mass based on visceral fat area [J]. Research on tissue Engineering in China,2021，25(35):5577-5581.